



ITW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of:

Franco BERTORA

Serial No. 10/687,484

Filed October 16, 2003

ULTRASONIC IMAGING METHOD
AND APPARATUS

)
) Before the Examiner
)
) Not yet assigned
)
) Group Art Unit
)
) 3736
)
)

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Please find enclosed a certified copy of Italian Patent Application No. SV2002 A 000052,
filed on October 16, 2002, to which the above application claims priority.

I hereby certify that this correspondence is
being deposited with the United States Postal
Service as **first class mail** in an envelope
addressed to the Commissioner for Patents,
PO Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

August 19, 2004

(Date of Deposit)

Scott J. Stevens

Name of Registered Representative

[Signature]

Signature

August 19, 2004

Date of Signature

Respectfully submitted,

By: *[Signature]*

Scott J. Stevens, Reg. No. 29,446

Woodard, Emhardt, Moriarty, McNett & Henry LLP

3700 Bank One Center Tower

111 Monument Circle

Indianapolis, IN 46204-5137

(317) 713-4947



Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

Invenzione Industriale

N.

SV2002 A 000052

*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

13 NOV. 2003

per IL DIRIGENTE

Paola Giuliano

Dessa Paola Giuliano

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO A

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DEPOSITO DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITA' AL PUBBLICO

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione ESAOTE S.p.A. codice 0162280060
 Residenza CASALE MONFERRATO AL
 2) Denominazione _____ codice _____
 Residenza _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome Dr. Giorgio A. Karaghiosoff cod. fiscale KRGGL57A05D969V
 denominazione studio di appartenenza Studio Karaghiosoff & Frizzi S.a.S. di Giorgio A. Karaghiosoff e C.
 via Via Pecorile n. 27/B città Celle Ligure cap 17015 (prov) SV

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

VEDI SOPRA
 via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/scd)

gruppo/sottogruppo ☐ / ☐Metodo e dispositivo per l'acquisizione di immagini ecograficheANTICIPATA ACCESSIBILITA' AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒SE ISTANZA: DATA ☐ / ☐ / ☐N. PROTOCOLLO ☐

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) _____ 3) _____
 2) _____ 4) _____

F. PRIORITA'

Nazione o
organizzazione

Tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

SCIOGLIMENTO RISERVE
 Data _____ N° Protocollo _____

1) _____ ☐ / ☐ / ☐ ☐
 2) _____ ☐ / ☐ / ☐ ☐

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

NESSUNA

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☒ PROV ☐ n. pag ☒ 27 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)
 Doc. 2) ☒ PROV ☐ n. tav ☒ 04 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)
 Doc. 3) ☒ RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale
 Doc. 4) ☐ XRIS designazione inventore
 Doc. 5) ☐ RIS ☐ documenti di priorità con traduzione in italiano
 Doc. 6) ☐ RIS ☐ autorizzazione o atto di cessione
 Doc. 7) ☐ nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale lire Duecentonovantuno/80 EURO (per anni tre)

obbligatorio

COMPILATO IL 14/10/2002 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)p.i. ESAOTE S.p.A.CONTINUA (SI/NO) ☒ NOGiorgio A. KaraghiosoffDEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA (SI/NO) ☒ NOCAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO AGRICOLTURA DI SAVONAcodice 09VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA SV2002A000052

Reg. A

L'anno DUEMILADUE

il giorno

SEDICI

del mese di

OTTOBREIl (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 0 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraportato.

ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE

NESSUNA

IL DEPOSITANTE

Timbro dell'ufficio

L'UFFICIALE ROGANTE

REG. A

DATA DI DEPOSITO 16/10/2002
DATA DI RILASCIO / /

Denominazione

Denominazione ESAOTE S.p.A.

Residenza

CASALE MONFERRATO (AL)

D. TITOLO

Metodo e dispositivo per l'acquisizione di immagini ecografiche

Classe proposta (sez./cl./scl/)

(gruppo sottogruppo)

L. RIASSUNTO

Metodo per l'acquisizione di immagini ecografiche in cui:

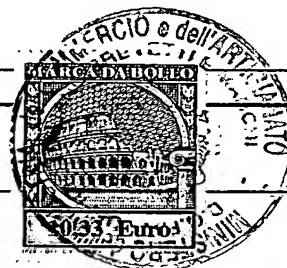
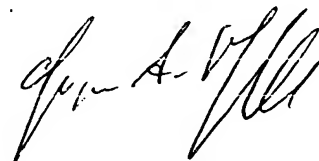
viene utilizzato un metodo di elaborazione denominato di propagazione a ritroso cosiddetta "back propagation". Secondo l'invenzione è previsto un limitato numero di canali di elaborazione (6) dei segnali di ricezione che è inferiore al numero di trasduttori elettroacustici di ricezione (2, 102 a 802), essendo costituito da un sottomultiplo del numero di trasduttori di ricezione (2, 102 a 802). Per ciascun rilevamento d'immagine lungo un intero piano di scansione (2, 102, a 802) è previsto di eseguire un numero di passi di trasmissione in cui tutti i trasduttori di trasmissione (1, 101 a 801) vengono attivati, il quale numero è pari almeno all'inverso del sottomultiplo di canali di ricezione (6) previsti, venendo, per ogni passo di trasmissione, collegato ai canali di trasmissione (6) un diverso gruppo di trasduttori di ricezione (2, 102 a 802) dell'insieme di trasduttori, i quali gruppi di trasduttori di ricezione comprendono un numero di trasduttori di ricezione (102 a 802) equivalente al numero di canali di elaborazione (6) previsti.

SV 2602 A 0 0 0 0 5 2

15 01 1.2002

IL SEGRETARIO GENERALE
 Dr. ing. Bruno Rossi

John Thomas



M. DISEGNO

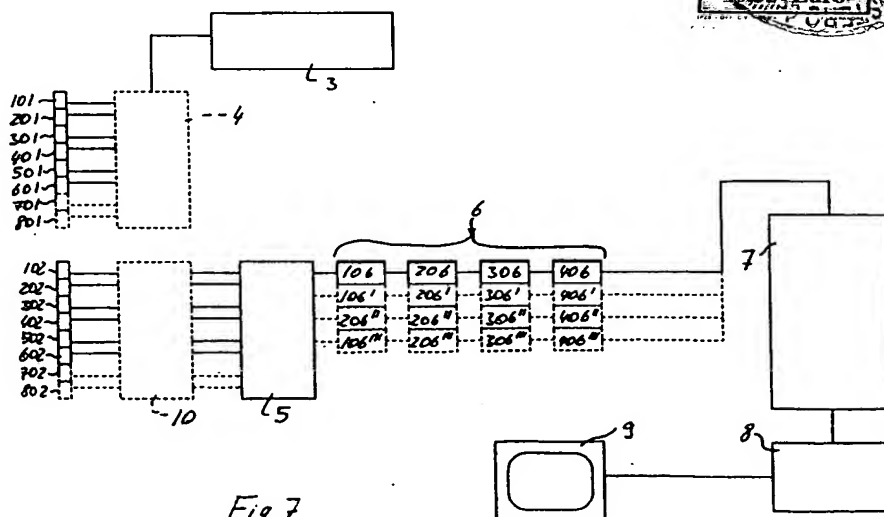


Fig. 7

16 OTT.2002

SV 2002 A 000052

Giorgio A. Karagiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 531 BM

DESCRIZIONE dell'Invenzione Industriale dal titolo:

"Metodo e dispositivo per l'acquisizione di immagini ecografiche"

appartenente a ESAOTE S.p.A., di nazionalità italiana, con sede in Via

Ruffino Allora 32, 15033 Casale Monferrato (AL) .

5 Depositato il 16 OTT.2002 Al Nr. SV 2002 A 000052

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

TESTO DELLA DESCRIZIONE

L'invenzione ha per oggetto un metodo per l'acquisizione di im-
magini ecografiche in cui:

- 10 a) viene generato almeno un impulso ad ultrasuoni mediante at-
tivazione di una pluralità di trasduttori elettroacustici di tra-
smissione appartenenti ad un prestabilito insieme di trasduttori
di trasmissione, il quale impulso viene emesso in direzione di
una zona di esame di un corpo in esame;
- 15 b) venendo i detti trasduttori di trasmissione attivati in modo uni-
forme tale da generare una schiera di linee di scansione;
- c) in corrispondenza di una retta o di una linea curva o di un pia-
no o di una superficie di riferimento viene ricevuto da ciascuno
dei trasduttori di ricezione di un insieme di trasduttori di rice-
20 zione eventualmente costituiti dagli stessi trasduttori di tra-
smissione il segnale nel dominio del tempo che è costituito
dall'impulso di trasmissione riflesso in dietro dalla struttura
della zona in esame;
- 25 d) viene eseguito un calcolo di propagazione in dietro cosiddetto
"back propagation" del segnale di ricezione di ciascun trasdut-

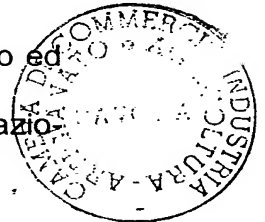


16 OTT. 2002

tore di ricezione fino ad almeno una retta, o una linea curva o piano o una superficie di penetrazione nella zona in esame il la quale retta o linea curva od il quale piano o la quale superficie di penetrazione è previsto ad una certa distanza dalla retta o dalla linea curva o dal piano oppure dalla superficie di riferimento di ricezione e corrispondente ad una prestabilita profondità di penetrazione dell'impulso di trasmissione nella zona in esame;

- e) I detti segnali ottenuti dalla propagazione indietro e relativi a ciascun trasduttore di ricezione vengono combinati fra loro ed elaborati in segnali di comando di un monitor di visualizzazione.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino
Anna Rosa Gambino



I metodi di acquisizione d'immagini ecografiche secondo quanto sopra descritto e secondo la tecnica della propagazione a ritroso (denominata nel ramo "back propagation") sono noti. In questi metodi, contrariamente alla focalizzazione mediante formatori di fascio in trasmissione delle componenti dei singoli trasduttori su linee o punti prestabiliti, grazie ad una attivazione selettiva e con prestabiliti ritardi fra loro dei singoli trasduttori, i trasduttori vengono attivati insieme o con ritardi tali da generare un fascio non focalizzato o parzialmente focalizzato. I fasci non focalizzati possono essere per esempio onde acustiche piane quando i trasduttori di trasmissione sono disposti affiancati in fila fra loro e formano un piano come nelle sonde lineari piane o nelle sonde bidimensionali piane. Quando i trasduttori sono disposti lungo una superficie arcuata allora l'onda generata dal loro insieme è sferica od a fronte

curvo. In sostanza nella maggior parte dei casi i trasduttori di trasmissione emettono impulsi ad ultrasuoni paralleli fra loro e senza ritardi fra trasduttore e trasduttore. Nei trasduttori bidimensionali costituiti da insieme con distribuzione su due dimensioni dei trasduttori, le forme d'onda generate da detti insiemi possono essere anche in questo caso piane o arcuate.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

Nonostante in sostanza i trasduttori vengono attivati tutti contemporaneamente è possibile prevedere l'eventuale applicazione di ritardi sia per mantenere sempre la possibilità di utilizzare tecniche di focalizzazione aumentando così l'elasticità funzionale della macchina sia per correggere imperfezioni del fronte d'onda dovute ad esempio ad un non perfetto allineamento delle sorgenti di emissione degli ultrasuoni dei singoli trasduttori che comporterebbe la generazione di un fascio non focalizzato con fronti irregolari compromettendo la qualità del risultato.

Poiché esiste una equivalenza fra tempo di percorrenza del segnale e profondità di penetrazione del segnale in un corpo in esame, esiste anche una equivalenza fra i segnali riflessi dal corpo in esame nelle due forme e cioè nel dominio del tempo e nel dominio delle frequenze. Tali due forme possono venire ottenute utilizzando delle trasformate di Fourier.

Il segnale riflesso ricevuto dai trasduttori di ricezione è un segnale nel dominio del tempo e può essere trasformato in un segnale nel dominio delle frequenze. Tale trasformazione corrispondente sostanzialmente ad una analisi spettrale consente di utilizzare un metodo di elaborazione denominato nel gergo tecnico "back propagation", cioè

propagazione in dietro od a ritroso tenendo conto non tanto del tempo,
ma della distanza di un prestabilito piano di penetrazione da un piano di
riferimento corrispondente a quello al quale i segnali di ricezione sono
stati rilevati dai trasduttori di ricezione. In pratica, tale tecnica consente
5 di indicare delle profondità di penetrazione nel corpo in esame e di de-
codificare la struttura del segnale di riflessione traslando il piano di riferi-
mento in direzione di penetrazione nel corpo in esame. In questo modo
è possibile ottenere le informazioni strutturali degli elementi riflettori del-
la zona in esame contenuti in qualsivoglia piano di penetrazione.

10 Ritrasformando successivamente il od i segnali così ricostruiti dal
dominio delle frequenze a quello del tempo è possibile ottenere i dati
per visualizzare una immagine ecografica. Come appare chiaramente
dai documenti anteriori US 5,628,320 ed US 5,720,708, la tecnica della
back propagation consente di generare una immagine complessiva per
15 la zona interessata dal fascio di trasmissione, senza richiedere passi di
focalizzazione lungo diverse adiacenti linee di scansione sia in transmis-
sione che in ricezione. In questo modo l'immagine complessiva viene
generata per ciascun impulso di trasmissione, contrariamente alla situa-
zione in cui i fasci in trasmissione vengono invece focalizzati in succes-
20 sione lungo le singole linee di scansione rilasciando un impulso di tra-
missione per ciascuna linea.

In via di principio, quindi la tecnica della back propagation con-
sente di incrementare il cosiddetto frame rate, cioè la frequenza di suc-
cessione delle immagini.

I su citati documenti US 5,628,320 e US 5,720,708 comprendono una dettagliata ed esaustiva descrizione della teoria e del metodo della back propagation ed contenuto informativo dei suddetti documenti si intende fare parte integrante di questa descrizione.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

5 E' da notare come per l'applicazione della tecnica della back propagation non sia strettamente necessaria l'esecuzione della trasformazione dei segnali di ricezione dal dominio del tempo al dominio delle frequenze prima del calcolo di back propagation e la trasformata inversa dei segnali ottenuti dal detto calcolo dal dominio delle frequenze al dominio del tempo. Tuttavia l'esecuzione di questi passi di trasformata comportano vantaggi che sono meglio specificati nei due documenti su citati.

10 Con la tecnica della back propagation sono ottenibili quindi frame rate elevatissimi che costituiscono un vantaggio dal punto di vista pratico solamente in alcuni casi molto limitati.

Nella maggior parte dei casi, invece, viene utilizzata la tradizionale tecnica di focalizzazione su linee o punti sia in trasmissione che in ricezione, con cui si ottengono attualmente notevoli frame rate più che sufficienti per gli scopi di rilevamento d'immagini.

20 Sia per l'attuazione delle tecniche di rilevamento di immagini ecografiche mediante "back propagation", sia per l'attuazione delle tecniche tradizionali mediante fasci focalizzati, generalmente vengono utilizzate sonde che presentano un numero di trasduttori da 64 o 128 o 256. In questo caso, le macchine di rilevamento di immagini ecografiche devono necessariamente presentare un canale di elaborazione per ciascun

16 OTT. 2002

trasduttore od un canale di elaborazione per un certo numero parziale del numero complessivo di trasduttori di ricezione, il quale numero di canali è generalmente molto elevato. Pertanto attualmente è richiesto un certo costo e dispendio in hardware. Ad esempio, oltre ai dispositivi

5 di formazione del fascio di onde ad ultrasuoni, per ciascun trasduttore devono essere previsti almeno un dedicato convertitore analogico digitale, filtri ed altri circuiti necessari all'estrazione dell'informazione rilevante per la ricostruzione di una immagine. La situazione non è diversa per le sonde che presentano un insieme di trasduttori che copre solo parte di

10 un intero piano di scansione, ed il quale insieme è montato spostabile nella struttura della sonda per consentire la scansione di un intero piano di sezione.

La tecnica della "back propagation" nelle forme attualmente note non pone pieno rimedio alla limitazione dei costi di hardware, in quanto

15 l'eventuale riduzione di costo è limitata alla eliminazione delle unità di focalizzazione degli impulsi ad ultrasuoni. Resta invece la necessità di avere sempre almeno un numero di canali di elaborazione pari ad un sottomultiplo del numero complessivo di trasduttori di ricezione che può anche raggiungere un numero di canali di elaborazione pari al numero

20 di trasduttori elettroacustici di ricezione. Generalmente le attuali sonde presentano da 64 a 256 trasduttori elettroacustici, e mediamente le macchine presentano almeno un numero di canali di elaborazione pari a 64 canali che è comunque sempre un numero di canali molto elevato.

L'invenzione ha quindi lo scopo di realizzare un metodo di acquisizione di immagini ecografiche che sfruttando i vantaggi della tecnica di

25

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



SV 2002 A 000052
16 OTT. 2002

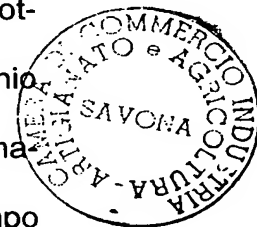
Giorgio A. Maraghiolosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al n. 561 BM

5 acquisizione mediante "back propagation" su meglio definita consenta di
mantenere gli attuali standard di velocità di rilevamento delle immagini,
in particolare relativamente al frame rate riducendo drasticamente i costi
per quanto riguarda l'hardware e senza limitare la qualità delle immagini
ottenute.

L'invenzione consegue gli scopi su esposti con un metodo del tipo descritto all'inizio, in cui è previsto un limitato numero di canali di elaborazione che è inferiore al numero di trasduttori elettroacustici di ricezione, essendo costituito da un sottomultiplo del numero di trasduttori di
10 ricezione, mentre per ciascun rilevamento d'immagine lungo un intero piano di scansione o parte di esso, è previsto di eseguire un numero di passi di trasmissione in cui tutti i trasduttori di trasmissione vengono attivati cioè in assenza di focalizzazione e/o con focalizzazione del fascio in trasmissione parziale, il quale numero è pari almeno all'inverso del
15 sottomultiplo di canali di ricezione previsti, venendo, per ogni passo di trasmissione, collegato ai canali di trasmissione un diverso gruppo di trasduttori di ricezione dell'insieme di trasduttori, i quali gruppi di trasduttori di ricezione comprendono un numero di trasduttori di ricezione equivalente al numero di canali di elaborazione previsti.

20 Secondo un perfezionamento i segnali di ricezione vengono sottoposti ad una trasformata di Fourier dal dominio del tempo al dominio delle frequenze prima del calcolo di back propagation ed alla trasformata di Fourier inversa dal dominio delle frequenze al dominio del tempo dopo l'esecuzione del calcolo di back propagation.

AL TRIBUNALE GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



16 OTT. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 331/BM

In una forma esecutiva estrema, ciascun gruppo di trasduttori di ricezione può prevedere un unico e diverso trasduttore di ricezione del numero complessivo di trasduttori di ricezione, venendo eseguito un numero di passi di trasmissione pari al numero complessivo di trasduttori previsto e venendo per ogni passo di ricezione corrispondente ad uno dei diversi passi di trasmissione collegato un diverso trasduttore di ricezione ad un unico canale di elaborazione.

Quanto sopra consente di prevedere anche un numero di canali di ricezione maggiore di uno, e di poter scegliere in modo ogni volta variabile il numero di canali di trasmissione attivo fra il minimo numero di canali attivi, cioè un solo canale ed il massimo numero di canali attivi cioè tutti i canali di ricezione previsti.

In questo modo, il metodo consente di variare il frame rate nell'ambito del numero di canali di elaborazione previsti.

E' evidente che utilizzando un unico canale di elaborazione che alternativamente viene commutato dopo ogni passo di trasmissione su un diverso trasduttore di ricezione, per ottenere l'immagine di un piano di scansione è necessario eseguire almeno un numero di passi di trasmissione/ricezione pari al numero di trasduttori di ricezione utilizzati. In questo caso, la situazione relativa al frame rate resta invariata rispetto alla tecnica di rilevamento d'immagine che prevede la focalizzazione del fascio di trasmissione e di quello di ricezione mediante mezzi di focalizzazione di fascio.

Già prevedendo due canali di ricezione contro i 128 o 256 normalmente previsti il frame rate aumenta al doppio del frame rate rag-



Dr.ssa Anna Rosa Gambino



16 OTT. 2002

giungibile con le tecniche di rilevamento di immagini ecografiche mediante focalizzazione del fascio di trasmissione e di ricezione.

Prevedendo ad esempio quattro canali di elaborazione del segnale di ricezione l'aumento è pari al 400% rispetto alle note tecniche a focalizzazione di fascio. Il vantaggio in termini di risparmio dei costi dell'hardware sono notevoli anche nella suddetta ultima ipotesi in quanto invece che 256 canali di elaborazione è necessario prevederne solamente quattro e cioè 252 canali in meno.

I singoli gruppi di trasduttori di ricezione possono comprendere tra-
sduttori dell'insieme di trasduttori di ricezione disposti adiacenti fra loro oppure è possibile prevedere diverse distribuzioni dei trasduttori dell'insieme di trasduttori di ricezione facenti parte di ciascun gruppo in modo tale che i detti trasduttori di ciascun gruppo non siano disposti direttamente adiacenti l'uno all'altro.

Altri due vantaggi notevoli si offrono con l'utilizzo del metodo secondo l'invenzione. Un primo ulteriore vantaggio è costituito dalla maggiore celerità del metodo di elaborazione mediante "back propagation", essendo le operazioni di conversione mediante trasformazioni di Fourier operazioni convenzionali molto utilizzate in campo elettronico e quindi eseguibili a velocità notevoli e grazie a componenti hardware estremamente evoluti, veloci e di basso costo. Un secondo ulteriore vantaggio non meno importante invece riguarda il fatto che contrariamente alle tecniche di focalizzazione del fascio ad ultrasuoni in trasmissione, la tecnica della back propagation che prevede una attivazione uniforme dei trasduttori di trasmissione determina anche una distribuzione della pres-



16 OTT. 2002

sione acustica uniforme e quindi un minore rischio di distruzione dei mezzi di contrasto, quando il rilevamento d'immagine prevede l'utilizzo di mezzi di contrasto. Tale problema non è assolutamente di secondaria importanza, se si considera gli sforzi attualmente posti nel mantenere
5 limitata l'energia meccanica trasferita ai mezzi di contrasto in combinazione con i rilevamenti d'immagini ecografiche realizzati con le tecniche di focalizzazione del fascio ad ultrasuoni.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

L'invenzione ha per oggetto anche un dispositivo per il rilevamento d'immagini ecografiche che comprende:

10 un insieme di trasduttori elettroacustici di trasmissione legati a generatori di impulsi di eccitazione dei trasduttori di trasmissione;

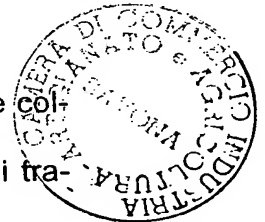
un insieme di trasduttori elettroacustici di ricezione collegati a mezzi di elaborazione con almeno un canale di elaborazione
15 del segnale di ricezione e che comprende a sua volta;

mezzi di calcolo dei segnali di ricezione con riferimento ad uno o più diverse rette o diverse linee curve o diversi piani o diverse superfici di penetrazione nella zona d'esame;

mezzi di elaborazione dei segnali di ricezione in segnali di comando di un monitor di visualizzazione .
20

Secondo un perfezionamento il dispositivo comprende ulteriormente:

mezzi per l'esecuzione della trasformata di Fourier dal dominio del tempo al dominio delle frequenze dei segnali di ricezione e della corrispondente trasformata inversa;
25



SV 2002 A 000052

16 OTT. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 537/BM

mezzi di esecuzione della trasformata di Fourier inversa

dal dominio delle frequenze al dominio del tempo;

Secondo l'invenzione, i mezzi di elaborazione comprendono un numero di canali di elaborazione del segnale di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione che è inferiore al numero di trasduttori di ricezione in misura corrispondente ad un sottomultiplo intero del numero totale di trasduttori di ricezione previsti nell'insieme di trasduttori di ricezione, essendo previsti mezzi di attivazione dei trasduttori di trasmissione per un numero di volte corrispondente all'inverso del sottomultiplo intero e mezzi commutatori che in seguito ad ogni attivazione di trasmissione collegano ai canali di elaborazione un gruppo di trasduttori di ricezione comprendente un numero di trasduttori di ricezione corrispondente al numero di canali di elaborazione previsti ed i quali trasduttori di ricezione di ciascun gruppo sono diversi da quelli degli altri gruppi.

Ciascun gruppo di trasduttori può essere costituito da un unico trasduttore dell'insieme di trasduttori essendo previsto un unico canale di elaborazione.

E' possibile prevedere un numero di canali di elaborazione inferiore al numero complessivo di trasduttori dell'insieme di trasduttori, essendo previsti mezzi di impostazione, selezione del numero di trasduttori compresi in ciascun gruppo di trasduttori fra un minimo di un unico trasduttore ed un massimo corrispondente al numero di canali previsto.

Ulteriori perfezionamenti sono oggetto delle sottorivendicazioni.

IL SEGRETARIO GENERALE
D.ssa Anna Rosa Garbino



Le caratteristiche dell'invenzione ed i vantaggi da esse derivanti risulteranno meglio dalla seguente descrizione di un esempio esecutivo non limitativo illustrato nei disegni allegati, in cui:

Le figg. 1 a 6 illustrano in modo semplificato il fronte d'onda ricevuto e quello ricostruito in corrispondenza di diversi piani di profondità mediante la tecnica della cosiddetta "back propagation".

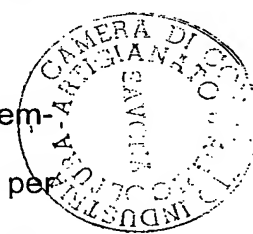
La fig. 7 illustra un schema a blocchi di una macchina per il rilevamento d'immagini ecografiche secondo l'invenzione.

Con riferimento alla figura 7 è illustrato uno schema a blocchi semplificato per consentire una migliore comprensione di una macchina per il rilevamento di immagini mediante ultrasuoni. Nell'esempio per facilitare la comprensione sono illustrate due serie 1, 2 di trasduttori 101 a 801 e 102 a 802 che rappresentano separati trasduttori di trasmissione e di ricezione. Ciò non deve essere considerato limitativo, in quanto, come ben noto allo stato dell'arte, i trasduttori di trasmissione ed i trasduttori di ricezione possono essere costituiti dai medesimi trasduttori che vengono fatti funzionare alternativamente in trasmissione ed in ricezione.

Un generatore di impulsi ad ultrasuoni 3 genera segnali di eccitazione dei trasduttori di trasmissione 101 a 801 e questi segnali vengono inviati ai singoli trasduttori con ritardi tali per cui l'insieme dei trasduttori genera un'onda ad ultrasuoni uniforme. Nel caso di un insieme lineare piano di trasduttori di trasmissione ciò comporta la generazione di un fronte di onda ad ultrasuoni piano. Quando la sonda è arcuata il fronte è corrispondentemente arrotondato. E' possibile prevedere un formatore o focalizzatore di fascio 4, cosiddetto "beamformer" che applica ritardi tali



AL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



16 OTT. 2002

ai singoli segnali alimentati ai singoli trasduttori da deformare il fronte
d'onda del fascio ad ultrasuoni. Tali ritardi possono essere utilizzati ad
esempio per generare un fascio ad ultrasuoni con fronte d'onda piano
anche se la disposizione dei trasduttori di trasmissione è arcuato o vice-
versa. I ritardi possono anche avere la funzione di compensare eventua-
li disallineamenti dei trasduttori dovuti a tolleranze costruttive dell'insie-
me di trasduttori. Oppure a consentire alternativamente alla modalità di
rilevamento d'immagine secondo la presente invenzione anche il rileva-
mento mediante metodi tradizionali che prevedono la focalizzazione del
fascio sulle singole linee di scansione.

Dr. ssa Anna Rosa Gandino

Generalmente per ottenere un fascio omogeneo di ultrasuoni su
tutta l'estensione della superficie di emissione dei trasduttori di ricezione
101 a 801, i singoli trasduttori vengono alimentati insieme ed in modo
coerente con lo stesso segnale di eccitazione proveniente dal generato-
re 3.

Il fascio di ultrasuoni così generato attraversa il corpo in esame e
viene riflesso dai riflettori costituenti la struttura del corpo in esame nella
zona di penetrazione del fascio ad ultrasuoni trasmesso. I trasduttori di
ricezione 102 a 802 ricevono il fascio riflesso di ultrasuoni e lo trasfor-
mano in impulsi elettrici corrispondenti. Un commutatore 5 commuta au-
tomaticamente l'uscita di ciascun trasduttore di ricezione 102 a 801 su
una catena di elaborazione 6 che comprende un convertitore analogico
digitale 106, una unità di elaborazione per l'esecuzione della trasforma-
zione di Fourier del segnale ricevuto nel dominio del tempo nel domini-
o delle frequenze, un elaboratore di propagazione a ritroso (back propa-

16 OTT. 2002

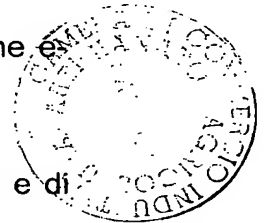
gation) ed un elaboratore di trasformazione che applica al segnale calcolato dall'elaboratore di propagazione a ritroso una trasformata di Fourier inversa, dal dominio delle frequenze al dominio del tempo. I segnali così ottenuti vengono quindi memorizzati in una memoria di scansione
5 di un convertitore di scansione 7 da cui vengono letti in modo ordinato da un elaboratore d'immagine 8 per la generazione dell'immagine da visualizzare sul monitor 9.

I componenti del circuito illustrati non sono di per sé innovativi e sono costituiti da usuali componenti già previsti nelle attuali macchine
10 cografiche.

Un esempio di tali componenti e delle catene di elaborazione e di generazione dell'immagine è illustrato e descritto in dettaglio ad esempio nel documento US 5,628,320.

Come risulta dalla figura 7, per elaborare i dati immagine relativi alla
15 zona attraversata dall'intero fascio omogeneo non focalizzato di ultrasuoni trasmessi è necessario ripetere la trasmissione un numero di volte pari a quello dei trasduttori di ricezione.

Considerando il rilevamento d'immagine di tipo tradizionale con focalizzazione del fascio su una singola linea di un insieme di linee che
20 sottendono insieme il piano di scansione di dimensioni sostanzialmente corrispondenti alla zona di rilevamento del fascio omogeneo di ultrasuoni non focalizzato come è previsto invece nella presente invenzione e considerando una risoluzione corrispondente ad un numero di linee pari al numero di trasduttori di ricezione, anche in questo caso tradizionale di
25 rilevamento mediante fasci focalizzati per ciascun piano di scansione è

AL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

16 OTT. 2002

necessario ripetere la trasmissione e l'elaborazione per un numero pari alle linee di scansione previste ed in particolare al numero di trasduttori previsti. In definitiva, la tecnica secondo l'invenzione non comporta quindi un aggravio della durata di rilevamento d'immagine lungo un determinato piano o volume di scansione. Si ha per contro il vantaggio che in presenza di materia sensibile alla pressione meccanica generata dalle onde ad ultrasuoni, la distribuzione omogenea dell'energia lungo l'intero piano di scansione evita la concentrazione dell'energia in punti precisi e quindi gli effetti distruttivi da essa derivanti. Una sostanza particolarmente sensibile alla pressione meccanica e cioè all'energia dei fasci ad ultrasuoni è costituita proprio dai mezzi di contrasto. Questi sono infatti costituiti da microbolle che possono venire distrutte dall'energia meccanica trasmessa dalle onde ad ultrasuoni. Una distribuzione omogenea dell'energia globale del fascio in trasmissione su una zona di dimensioni più ampie limita appunto tale effetto.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

Secondo una ulteriore caratteristica dell'invenzione, in luogo di prevedere un solo canale di elaborazione, la macchina ecografica può prevedere un numero maggiore di canali di elaborazione, come due, tre o più canali. In particolare il numero di canali di elaborazione è pari ad un sottomultiplo intero del numero complessivo dei trasduttori di ricezione. Ciò consente di diminuire ulteriormente i tempi di rilevamento dell'immagine pur mantenendo drasticamente limitato il numero di componenti hardware da replicare per la realizzazione dei canali di ricezione.

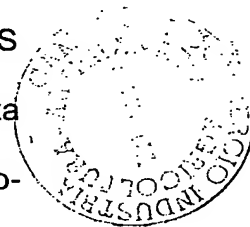
Già il prevedere un doppio canale di ricezione dimezza i tempi di elaborazione. Tale situazione è indicata nella figura 7 con gli elementi

16 OTT. 2002

106' a 306' e 106" a 306" e 106''' a 306''' che sono indicati tratteggiati e
che costituiscono ciascuno una di tre ulteriori catene di elaborazione dei
segnali di ricezione. Tenendo conto che nell'esempio sono illustrati
complessivamente 8 trasduttori di ricezione da 102 a 802, con quattro
5 canali di trasmissione, cioè con una riduzione del 50% dei componenti
necessari i tempi di rilevamento rispetto ai tempi di rilevamento secondo
la tecnica nota della back propagation aumentano di un fattore pari a 2,
mentre vengono ridotti di un fattore quattro rispetto ai tempi di rileva-
mento necessari con la tecnica della focalizzazione del fascio ad ultra-
10 suoni.

Sempre come illustrato in figura 7, i trasduttori di ricezione 102 a
802 possono essere collegati ad un focalizzatore del fascio in ricezione
che è illustrato tratteggiato ed indicato con il numero 10. Tale focalizza-
tore di fascio può venire utilizzato sia per correggere aberrazioni dovute
15 alle tolleranze costruttive dell'insieme di trasduttori di ricezione sia per
eventualmente prevedere e consentire alla macchina di operare anche
con tecniche di rilevamento mediante focalizzazione del fascio in rice-
zione.

Per quanto riguarda invece la tecnica della back propagation, que-
20 sta è di per se nota ed è dettagliatamente descritta nei documenti US
5,628,320 e US 5,720,708. Ciò nonostante ai fini di una più completa
comprensione della presente invenzione, le figure 1 a 6 illustrano in mo-
do semplificato e schematico cosa avviene durante l'applicazione della
tecnica della back propagation. Si tratta in sostanza della ricostruzione
25 del passato di una onda ad ultrasuoni sulla base dell'aspetto della stes-

Il SEGRETARIO GENERALE
D.ssa Anna Rosa Gambino

sa all'istante di ricezione e con riferimento al piano rispetto al quale la
detta onda viene ricevuta, ad esempio il piano sotteso dalla superficie
attiva di ricezione dell'insieme di trasduttori di ricezione. Spostando il
piano di riferimento all'interno del corpo in esame in direzione di propa-
gazione si ottiene quindi un segnale che corrisponde alla forma d'onda
5 alla profondità a cui è stato spostato il piano di riferimento. Tale opera-
zione può essere eseguita mediante opportuna elaborazione dei segnali
ricevuti dai trasduttori di ricezione.

Il metodo che consente di elaborare in questo modo i segnali di
ricezione prevede un primo passo di elaborazione in cui i segnali di rice-
zione nel dominio del tempo vengono trasformati negli equivalenti se-
gnali nel dominio dello spazio o delle frequenze grazie all'applicazione di
una funzione di trasformazione di Fourier. La propagazione a ritroso o
"back propagation" vera e propria consiste nel calcolare i segnali di rice-
zione nel dominio dello spazio come se fossero stati ricevuti in un piano
15 di riferimento che è traslato all'interno del corpo in esame in direzione di
propagazione del fascio di trasmissione all'interno del corpo in esame.
Quando tale piano di riferimento coincide con gli elementi riflettori della
struttura del corpo in esame, i segnali corrispondono alla struttura degli
elementi di riflessione stessi. Le figure 1 a 6 illustrano questo processo
20 con l'ausilio di immagini che rappresentano delle istantanee del fascio
ad ultrasuoni riflesso e d'elaborato con riferimento a piani di riferimento
traslati a diverse profondità nel corpo in esame.

La figura 1 rappresenta il segnale di ricezione trasformato nel
dominio dello spazio e rilevato con riferimento al piano coincidente con il
25

AL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



piano di ricezione dei trasduttori di ricezione, cioè con un piano coincidente alla profondità zero.

Le figure 2 a 6 illustrano la forma d'onda elaborata con la tecnica della back propagation con il piano di riferimento traslato a diverse profondità di penetrazione nel corpo in esame e più precisamente a 15, 17, 20, 22 e 25 mm di profondità.

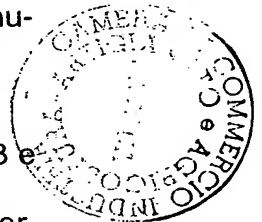
Nelle suddette figure, il piano di riferimento è indicato con il numero 20, 21, 22, 23, 24, 25.

Le figure 4 e 6 indicano il corrispondente piano di riferimento 23 e 25 in posizione coincidente con un punto di riflessione e la relativa forma d'onda elaborata grazie alla tecnica della back propagation.

I riflettori R1, R2, R3 sono di tipo sostanzialmente puntiforme e la funzione che descrive la forma d'onda ottenuta mediante "back propagation" alla corrispondente profondità dei riflettori R1, R2, R3 descrive appunto dei punti di riflessione. Dal punto di vista fisico la rappresentazione è corretta, poiché una sorgente puntiforme di riflessione, all'istante dell'impatto dell'onda acustica di trasmissione contro lo stesso si comporta come una sorgente puntiforme all'istante zero e quindi ha l'aspetto del punto di riflessione. I successivi istanti prevedono quindi una propagazione dell'onda che si allarga mano, mano che la distanza aumenta come è possibile rilevare scorrendo a ritroso le immagini a profondità minori.

Una volta terminato il secondo passo di elaborazione i dati ottenuti nel dominio dello spazio o delle frequenze vengono ritrasformati mediante trasformazione inversa di Fourier nel dominio del tempo e

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



memorizzati in una memoria di un convertitore di scansione di tipo usuale.

L'elettronica di ricostruzione delle immagini su un monitor di visualizzazione preleva quindi i dati dal convertitore di scansione e trasforma gli stessi in segnali di comando di un monitor di visualizzazione secondo le modalità note ed ampiamente utilizzate in tutte le macchine ecografiche.

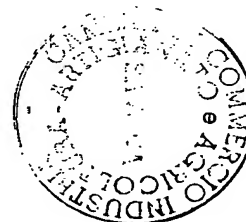
La tecnica della back propagation è come già precedentemente esposto una tecnica nota ed è descritta in dettaglio anche relativamente ai fondamenti fisici e matematici ad esempio nei documenti US 5,628,320 e 5,720,708.

2002 A 3 0 0 0 U 1

16 OTT.2002

IL SEGRETARIO
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

[Signature]



16 OTT 2002

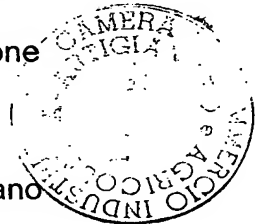
RIVENDICAZIONI

1. Metodo per l'acquisizione di immagini ecografiche in cui:

- a) viene generato almeno un impulso ad ultrasuoni mediante attivazione di una pluralità di trasduttori elettroacustici di trasmissione (1, 101 a 801) appartenenti ad un prestabilito insieme di trasduttori di trasmissione (1, 101 a 801), il quale impulso viene emesso in direzione di una zona di esame di un corpo in esame,
- b) venendo i detti trasduttori di trasmissione (1, 101 a 801) attivati in modo uniforme tale da generare una schiera di linee di scansione non focalizzate o parzialmente focalizzate;
- c) in corrispondenza di una retta, o di una linea curva o di un piano od una superficie di riferimento viene ricevuto da ciascuno dei trasduttori di ricezione (2, 102 a 802) di un insieme di trasduttori di ricezione (2) eventualmente costituiti dagli stessi trasduttori di trasmissione (1, 101 a 801) il segnale nel dominio del tempo che è costituito dall'impulso di trasmissione riflesso indietro dalla struttura della zona in esame;
- d) viene eseguito un calcolo di propagazione in dietro cosiddetto "back propagation" del segnale di ricezione di ciascun trasduttore di ricezione (1, 101 a 801) fino ad almeno una retta o una linea curva o un piano od una superficie di penetrazione (21, 22, 23, 24, 25) nella zona in esame. la quale retta o linea curva o piano o superficie di penetrazione (21, 22, 23, 24, 25) è prevista ad una certa distanza dalla retta o linea curva o dal



IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



16 OTT 2002

prestabilita profondità di penetrazione dell'impulso di trasmissione
nella zona in esame;

- e) I detti segnali ottenuti dal calcolo di propagazione indietro e relativi a ciascun trasduttore di ricezione (102 a 802) vengono combinati fra loro ed elaborati in segnali di comando di un monitor di visualizzazione.

Caratterizzato dal fatto che

è previsto un limitato numero di canali di elaborazione (6) che è inferiore al numero di trasduttori elettroacustici di ricezione (2, 102 a 802) essendo costituito da un sottomultiplo intero del numero di trasduttori di ricezione (2, 102 a 802), mentre per ciascun rilevamento d'immagine lungo un intero piano di scansione o parte di esso è previsto di eseguire un numero di passi di trasmissione in cui tutti i trasduttori di trasmissione (1, 101 a 801) vengono attivati, il quale numero è pari almeno all'inverso del sottomultiplo di canali di ricezione (6) previsti, venendo, per ogni passo di trasmissione, collegato ai canali di ricezione (6) un diverso gruppo di trasduttori di ricezione (2, 102 a 802) dell'insieme di trasduttori, i quali gruppi di trasduttori di ricezione comprendono un numero di trasduttori di ricezione (102 a 802) equivalente al numero di canali di elaborazione (6) previsti.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che prima del passo di calcolo in dietro dei segnali di ricezione viene eseguito il seguente passo:

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



il segnale di ricezione di ciascun trasduttore di ricezione (101 a 801) viene trasformato dal dominio del tempo nel dominio delle frequenze mediante una trasformata di Fourier;

mentre dopo il calcolo di propagazione indietro applicato ai segnali in ricezione trasformati dal dominio del tempo nel dominio delle frequenze viene eseguito il seguente passo:

il segnale ottenuto dalla propagazione indietro viene ritrasformato mediante una trasformazione di Fourier inversa da un segnale nel dominio delle frequenze ad un segnale nel dominio del tempo.

3. Metodo secondo le rivendicazioni 1 o 2, caratterizzato dal fatto che ciascun gruppo di trasduttori di ricezione (2, 102 a 802) può prevedere un unico e diverso trasduttore di ricezione (102, a 802) del numero complessivo di trasduttori di ricezione (2), venendo eseguito un numero di passi di trasmissione pari al numero complessivo di trasduttori di ricezione (2, 102 a 802) previsto e venendo per ogni passo di ricezione corrispondente ad uno dei diversi passi di trasmissione collegato un diverso trasduttore di ricezione (102 a 802) ad un unico canale di elaborazione (6).

4. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che è previsto un numero di canali di ricezione (6) maggiore di uno, venendo scelto in modo ogni volta variabile il numero di canali di ricezione attivo fra il minimo numero di canali attivi, cioè un solo canale ed il massimo numero di canali attivi cioè tutti i canali di ricezione previsti.

5. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende almeno due canali di elaborazione dei segnali di ricezione i quali vengono collegati dopo ciascuna trasmissione di un fascio di ultrasuoni di una serie di trasmissioni di fasci di ultrasuoni ad un corrispondente numero di trasduttori di ricezione (102 a 802) che sono diversi fra loro dopo ciascuna delle successive trasmissioni di fasci di ultrasuoni.

6. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che i singoli gruppi di trasduttori di ricezione (102 a 802) comprendenti un numero di trasduttori di ricezione corrispondente al numero di canali di elaborazione (6) possono comprendere trasduttori dell'insieme (2) di trasduttori di ricezione (102 a 802) disposti adiacenti fra loro oppure sono previste diverse distribuzioni dei trasduttori (102 a 802) dell'insieme (2) di trasduttori di ricezione per ciascun gruppo in modo tale che i detti trasduttori di ricezione (102 a 802) di ciascun gruppo non siano disposti direttamente adiacenti l'uno all'altro.

7. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che prevede l'applicazione di ritardi variabili di trasmissione e/o di ricezione di ciascun trasduttore o di gruppi di trasduttori di ricezione (102 a 802) e/o di trasmissione (101 a 801) per una correzione di divergenze del fascio di ultrasuoni dalla condizione omogenea e non focalizzata a causa di tolleranze di disposizione e/o di funzionamento dei singoli trasduttori di trasmissione (101 a 801) e/o di ricezione (102 a 802).

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



8. Dispositivo per il rilevamento d'immagini ecografiche e per l'attuazione del metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 1 a 6, comprendente:

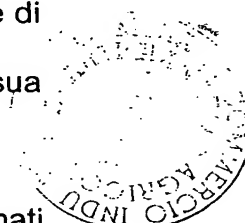
un insieme (1) di trasduttori elettroacustici di trasmissione (101 a 801) collegati a generatori (3) di impulsi di eccitazione dei trasduttori di trasmissione;

un insieme (2) di trasduttori elettroacustici di ricezione (102 a 802) collegati a mezzi di elaborazione con almeno un canale di elaborazione del segnale di ricezione (6) e che comprende a sua volta:

mezzi (306) di calcolo dei segnali di ricezione trasformati nel dominio delle frequenze con riferimento ad uno o più diversi piani di penetrazione (21, 22, 23, 24, 25) nella zona d'esame;

mezzi (7, 8) di elaborazione dei segnali di ricezione in segnali di comando di un monitor di visualizzazione (9);
caratterizzato dal fatto che

i mezzi di elaborazione comprendono un numero di canali di elaborazione (6) del segnale di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione (102 a 802) che è inferiore al numero di trasduttori di ricezione in misura corrispondente ad un sottomultiplo intero del numero totale di trasduttori di ricezione (102 a 802) previsti nell'insieme di trasduttori di ricezione (2), essendo previsti mezzi di attivazione dei trasduttori di trasmissione (101 a 801) per un numero di volte corrispondente all'inverso del sottomultiplo intero e mezzi commutatori



16 OTT. 2002

(5) che in seguito ad ogni attivazione di trasmissione collegano ai canali di elaborazione (6) un gruppo di trasduttori di ricezione (102 a 802) comprendente un numero di trasduttori di ricezione corrispondente al numero di canali di elaborazione (6) previsti ed i quali trasduttori di ricezione (102 a 802) di ciascun gruppo sono diversi da quelli degli altri gruppi.

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto

che comprende ulteriormente:

mezzi (206) per l'esecuzione della trasformata di Fourier dal dominio del tempo al dominio delle frequenze dei segnali di ricezione e della corrispondente trasformata inversa;

mezzi (306) di esecuzione della trasformata di Fourier inversa dal dominio delle frequenze al dominio del tempo.

10. Dispositivo secondo le rivendicazioni 8 o 9, caratterizzato dal fatto che ciascun gruppo di trasduttori di ricezione (102 a 802) può essere costituito da un unico trasduttore di ricezione dell'insieme (2) di trasduttori di ricezione (102 a 802) essendo previsto un unico canale di elaborazione (6).

11. Dispositivo secondo le rivendicazioni 8 o 9, caratterizzato dal fatto che è previsto un numero di canali di elaborazione (6) dei segnali di ricezione inferiore al numero complessivo di trasduttori di ricezione (102 a 802) dell'insieme (2) di trasduttori di ricezione, essendo previsti mezzi di impostazione e/o selezione del numero di trasduttori di ricezione (102 a 802) compreso in ciascun gruppo di trasduttori fra un minimo di un u-

nico trasduttore di ricezione ed un massimo corrispondente al numero di canali di elaborazione (6) previsto.

12. Dispositivo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni caratterizzato dal fatto che comprende mezzi per l'applicazione di ritardi, ovvero per la focalizzazione del fascio (4, 10) dei trasduttori di trasmissione (101 a 801) e/o dei trasduttori di ricezione (102 a 802) per l'applicazione di ritardi di focalizzazione allo scopo di compensare errori di formazione del fascio omogeneo non focalizzato in trasmissione e/o in ricezione dovuti a tolleranze costruttive e/o di funzionamento dei trasduttori di trasmissione e/o dei trasduttori di ricezione.

p.i. ESAOTE S.p.A.

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al n. 531 BM

16 OTT.2002

Dr.ssa Anna Rosa Gambino



1/4

received echo

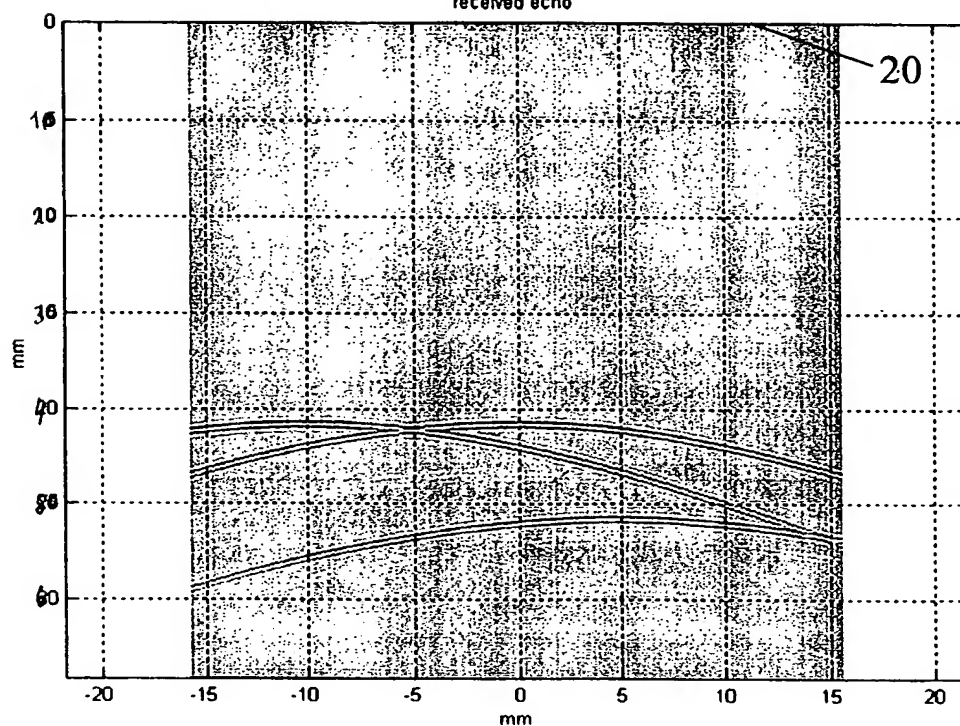


FIG. 1

received echo backpropagated by 15 mm

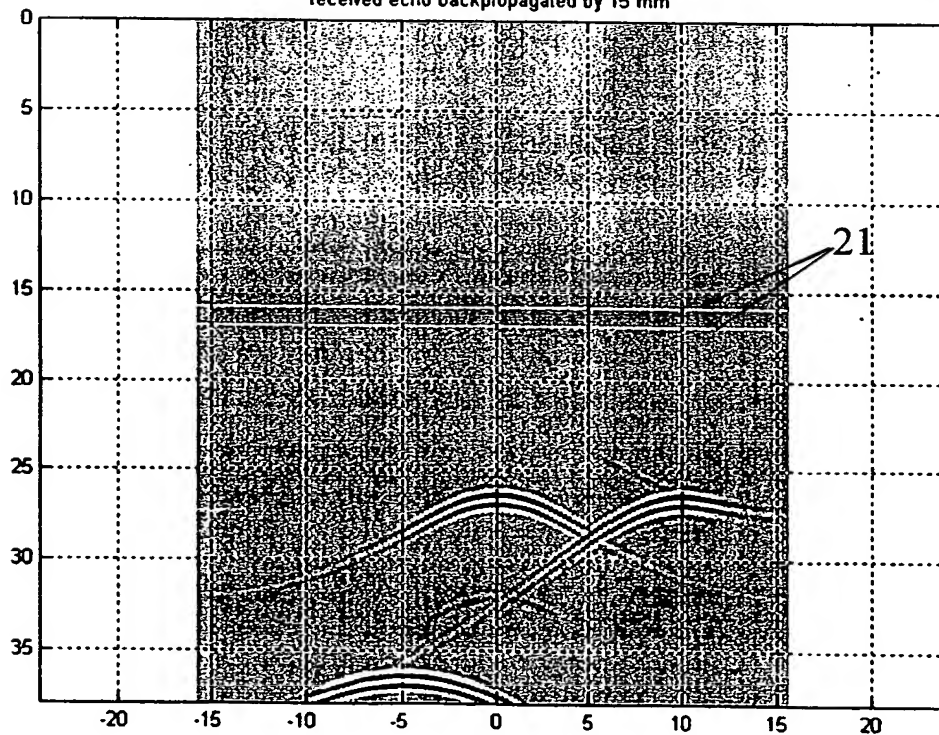


FIG. 2

2/4

received echo backpropagated by 17 mm

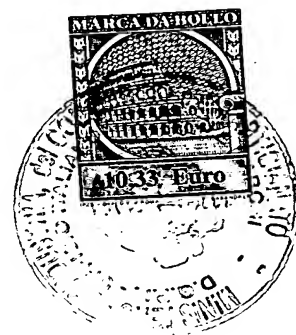
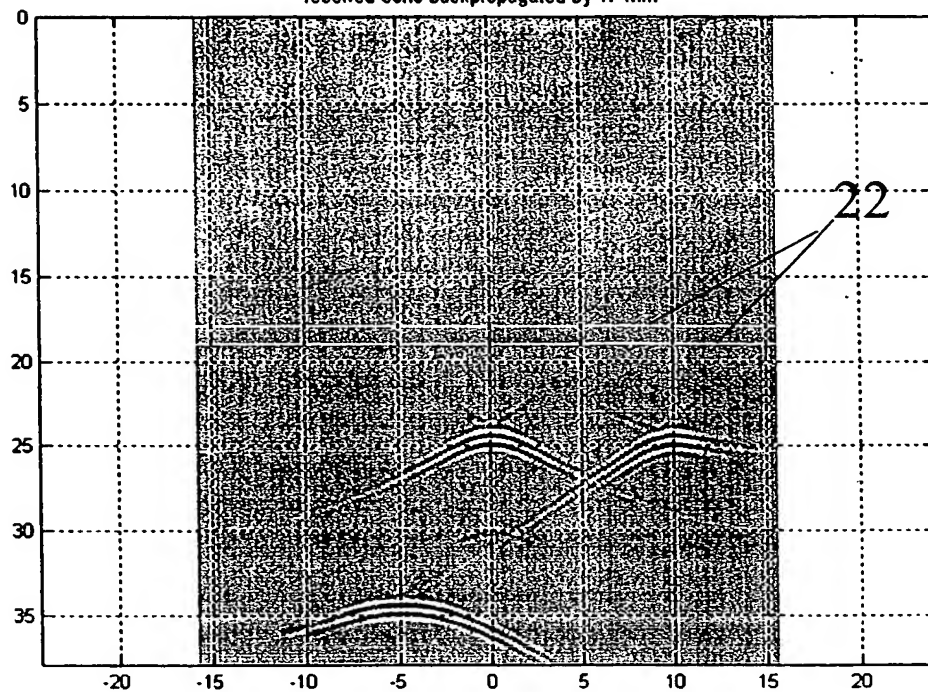


FIG. 3

received echo backpropagated by 20 mm

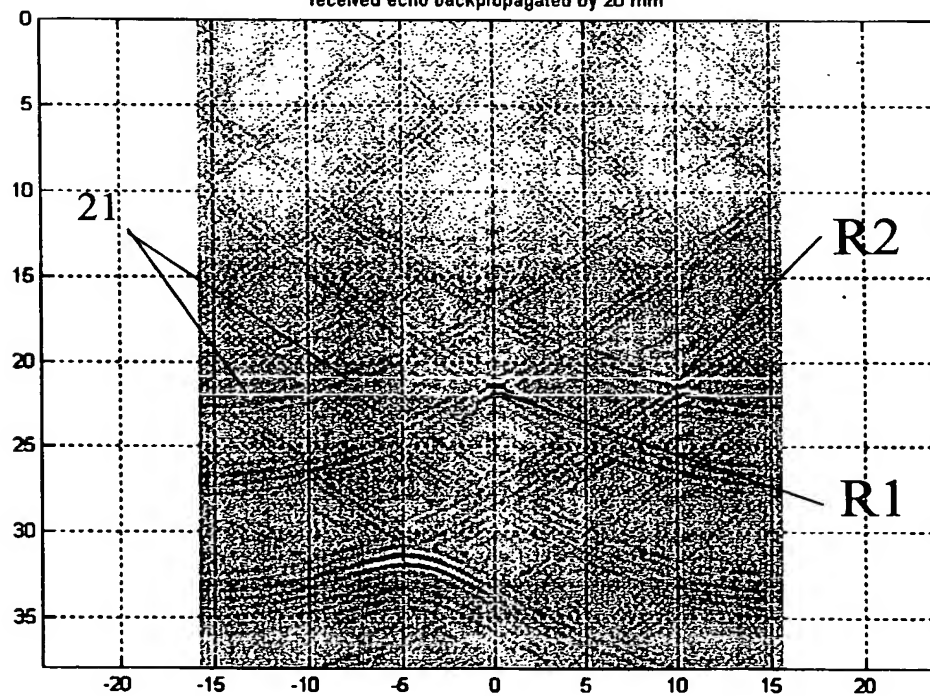


FIG. 4

3/4

received echo backpropagated by 22 mm

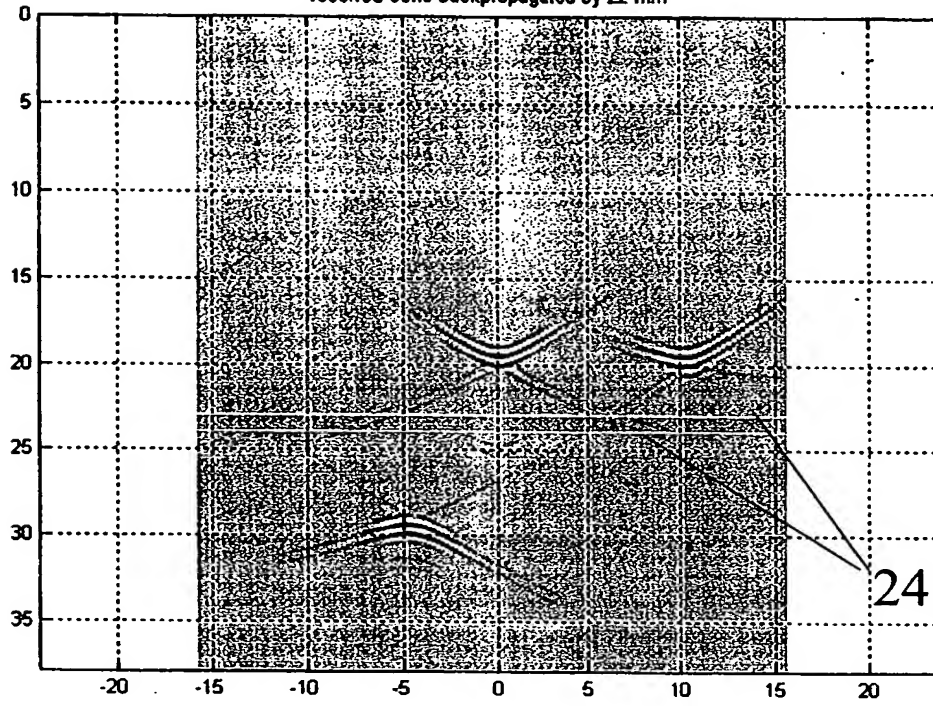


FIG. 5

received echo backpropagated by 25 mm

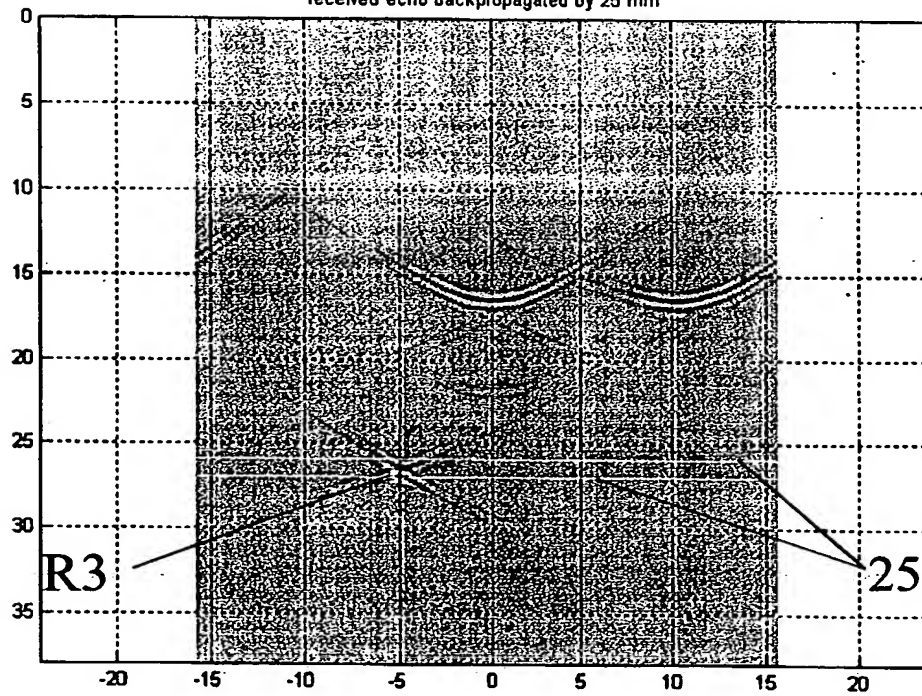


FIG. 6

4/4

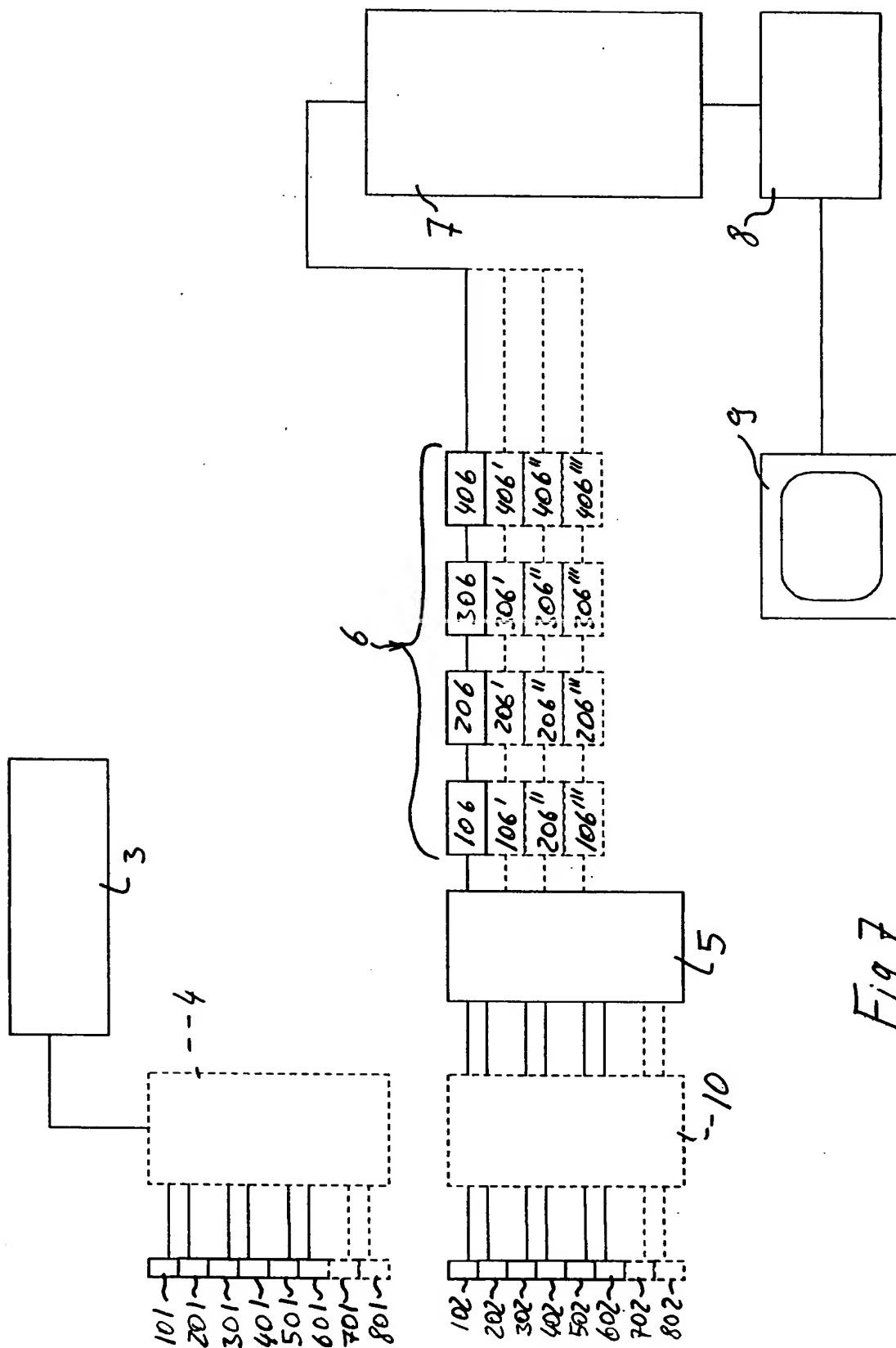


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.